

Л. В. Алексеева, О. И. Варфоломеева, Д. А. Хворенков, Д. Н. Попов
Ижевский государственный технический университет имени
М.Т. Калашникова, г. Ижевск, te@istu.ru

К РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УГАРНОГО ГАЗА ОТ КОТЛА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЧАСТНОГО ЖИЛОГО ДОМА

В работе приводятся результаты исследования утечки и распространения угарного газа, образовывавшегося в отопительном агрегате индивидуального жилого дома. Работа выполнялась в рамках технической экспертизы отопительного агрегата, его обвязки и системы дымоудаления для межрайонного следственного отдела с целью выявления неисправностей индивидуальной отопительной системы, которые привели к острому отравлению угарным газом двух жильцов этого дома с летальным исходом.

Ключевые слова: индивидуальное теплоснабжение; угарный газ; продукты сгорания; горение; математическое моделирование.

L. V. Alekseeva, O. I. Varfolomeeva, D. A. Khvorenkov, D. N. Popov
Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk

TO CALCULATE THE DISTRIBUTION PARAMETERS OF THE CARBON MONOXIDE GAS FROM PRIVATE HOUSE INDIVIDUAL HEATING SYSTEM BOILER

The paper presents the results of a study of the leakage and spread of carbon monoxide formed in the heating unit of an individual dwelling house. The work was carried out as part of the technical expertise of the heating unit, its strapping and smoke removal system for the inter-district investigative department in order to identify faults in the individual heating system, which led to the acute poisoning by carbon monoxide of two residents of this house with fatal.

Keywords: individual heat supply; carbon monoxide; combustion products; combustion; math modeling.

Отравление угарным газом является одной из наиболее распространенных причин несчастных случаев при эксплуатации газоиспользующего оборудования в индивидуальных жилых домах. Образование угарного газа происходит в условиях недостаточного воздухообмена. Такая ситуация привела к несчастному случаю со смертельным исходом жильцов частного жилого дома в одной из деревень Удмуртской республики. В жилом доме эксплуатировался отопительный аппарат АОГВ-11,6-3 2006 года выпуска. Он был размещен в помещении кухни, расположенной в цокольном этаже здания. Газоход от отопительного агрегата выведен в смежный неотапливаемый пристрой и подключен к дымовой трубе, выведенной выше кровли пристроя. При обследовании системы дымоудаления в смежном с кухней помещении (неотапливаемый пристрой) обнаружены сквозные отверстия длиной $10\div 60$ мм и шириной $10\div 40$ мм на горизонтальном участке газохода диаметром 150 мм до врезки в дымовую трубу. Параллельно с ним в одной тепловой изоляции проложен вытяжной воздуховод. Приток воздуха в помещение кухни организован через открывающееся окно в неотапливаемый пристрой, которое расположено, примерно, в полуметре от горизонтального участка газохода с вышеописанными дефектами. Исследование причин образования и попадания угарного газа в помещения жилого дома выполнялось в два этапа: экспериментальное исследование концентрации угарного газа и теоретическое исследование его утечки и распространения.

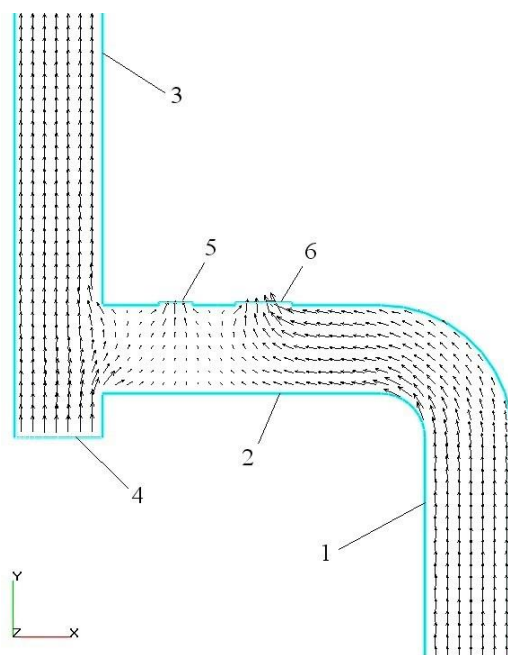
Экспертами были произведены замеры концентрации угарного газа в различных точках здания и в газоходе после запуска отопительного агрегата газоанализатором Fluke 940. Прибор показал содержание угарного газа: у открытой форточки в помещении кухни и у воздухозаборного отверстия вентиляционного канала в кухне – 5 ppm; у отверстий в горизонтальном газоходе, расположенном в неотапливаемом пристрое – $230\div 300$ ppm; в газоходе после АОГВ-11,6-3 – $620\div 6000$ ppm.

Согласно требованиям [1] предельное содержание CO в продуктах сгорания составляет 500 ppm. Концентрация вредного

вещества в дымовых газах существенно превышена. Это позволило судить о неисправности АОГВ-11,6-3. Были выполнены работы по разборке котла. Обнаружено, что нарушена целостность основной газовой горелки инжекционного типа, а именно, сопловой блок не был вкручен в горловину горелки и удерживался рядом с ее отверстием газоподводящей трубкой. Авторы считают, что именно этот дефект привел к нерасчетному режиму работы горелочного устройства, так как природный газ поступал в котел не только в горелку, но и через воздухозаборные отверстия в нижней части котла. Это привело к неполному сгоранию части топлива вне горелочного устройства в камере сгорания и образованию большого количества угарного газа. Кроме того, отсутствие центрирования сопла также вызывает недожог топлива и в горелке. При несовпадении осей сопла и горловины горелки первичный воздух затягивается через специальные отверстия в горловине за счет энергии струи газа в существенно меньшем объеме. При детальном рассмотрении выявлена деформация первых трех витков резьбы на сопловом блоке.

Для определения места истечения угарного газа в пристрой метод численного моделирования проведено исследование течения продуктов сгорания в системе дымоудаления от АОГВ-11,6-3 до устья дымовой трубы.

Модель учитывала геометрические размеры и дефекты системы дымоудаления, температуры внутреннего и наружного воздуха в день происшествия, массовый расход продуктов сгорания от АОГВ-11,6-3. Получено поле скорости (представлено на рисунке) в системе дымоудаления. При заданных условиях продукты сгорания выходят из газохода через сквозные отверстия 5 и 6. Расчетным путем подтверждены результаты измерений содержания угарного газа вблизи дефектов газохода и установлено место его выхода из системы дымоудаления.



Фрагмент поля скорости в системе дымоудаления.

- 1 – газоход от АОГВ-11,6-3; 2 – горизонтальный участок газохода;
 3 – дымовая труба; 4 – «стакан» для сбора конденсата;
 5 и 6 – дефекты (отверстия в газоходе)

Кроме того, было рассчитано время достижения смертельно опасной концентрации в отапливаемых помещениях жилого дома при климатических параметрах в день происшествия по уравнениям концентрации [2], записанных для отапливаемых помещений и неотапливаемого прибора. Согласно полученным результатам, смертельно опасная концентрация угарного газа в воздухе жилых помещений (0,1 %) будет достигнута через 94 часа непрерывной работы АОГВ-11,6-3.

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1. Образование угарного газа в отопительном агрегате возникло вследствие нарушения целостности основной газовой горелки, что привело к нерасчетному режиму ее работы.
2. Результаты численного моделирования показали, что продукты сгорания с высокой концентрацией угарного газа выходили через сквозные отверстия в газоходе, являющиеся дефектами, возникшими в процессе эксплуатации.
3. В помещение кухни угарный газ попадал через открытую форточку, расположенную вблизи участка газохода с дефектом. Это

подтверждено результатами проведенных замеров концентрации угарного газа.

4. Расчетное время достижения смертельно опасной концентрации угарного газа в помещении при сложившихся климатических и конструктивных условиях составило 94 часа.

Список использованных источников

1. ГОСТ 20219-94. Аппараты отопительные газовые бытовые с водяным контуром. Введ. 1976-01-01. М. : Изд-во стандартов, 1986. 29 с.
2. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: учеб. для вузов / под ред. В. Н. Богословского. М. : Стройиздат, 1986. 479 с.